

④

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-198727

(43)Date of publication of application : 11.07.2003

(51)Int.Cl.

H04M 3/00
H04L 12/56

(21)Application number : 2002-164772

(71)Applicant : KDDI CORP

(22)Date of filing : 05.06.2002

(72)Inventor : OGINO OSAO
SUZUKI MASATOSHI

(30)Priority

Priority number : 2001322108

Priority date : 19.10.2001

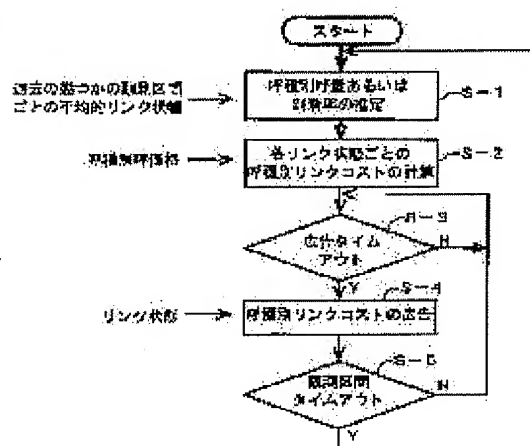
Priority country : JP

(54) LINK COST CALCULATING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To calculate a link cost in an actual operation where standby paths for a current path for a priority call between different node pairs share a link resource and a non-priority call paths share the link resource with the priority call standby path in a line switching communication network.

SOLUTION: In step S-1, the state of use of resources by each link is observed so as to estimate a call type dependent call unit or the arrival rate of each communication path setting request. In steps S-3, S-4, S-5, only a call type link cost depending on the state of a link at that time is advertised to a network at a time interval shorter than an observation period while storing the call type link cost in each link state at least for one observation period. When the observation period elapses (S-5), the call type dependent call unit or the arrival rate of various communication path setting requests are newly estimated in each link so as to calculate the call type dependent link cost depending on the link state at that time.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-198727

(P2003-198727A)

(43)公開日 平成15年7月11日(2003.7.11)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 4 M 3/00		H 0 4 M 3/00	D 5 K 0 3 0
H 0 4 L 12/56	1 0 0	H 0 4 L 12/56	1 0 0 A 5 K 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2002-164772(P2002-164772)

(22)出願日 平成14年6月5日(2002.6.5)

(31)優先権主張番号 特願2001-322108(P2001-322108)

(32)優先日 平成13年10月19日(2001.10.19)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000208891
KDD I 株式会社
東京都新宿区西新宿二丁目3番2号

(72)発明者 荻野 長生
埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号 株式
会社ケイディーディーアイ研究所内

(72)発明者 鈴木 正敏
埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号 株式
会社ケイディーディーアイ研究所内

(74)代理人 100084870
弁理士 田中 香樹 (外2名)

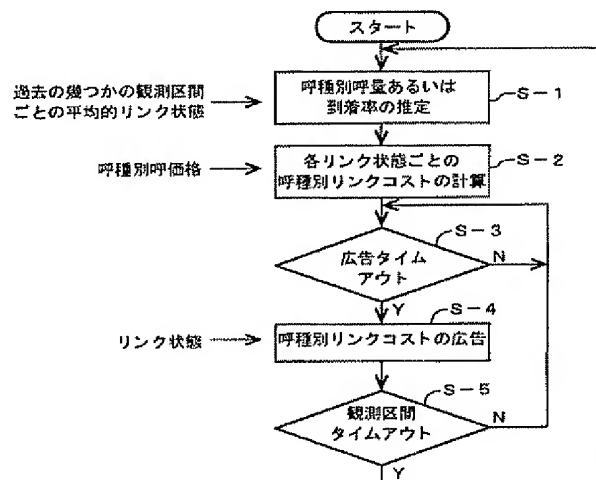
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 リンクコスト計算方法

(57)【要約】

【課題】 回線交換型通信ネットワークにおいて、異なるノードペア間の優先呼用現用パスのための予備パスがリンクリソースを共用し、非優先呼用パスが優先呼用予備パスとリンクリソースを共用するような実的な運用でのリンクコストを計算可能にすること。

【解決手段】 各リンクにおいて、リソースの使用状態を観測して呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率を推定する (S-1)。各リンク状態における呼種別リンクコストは、少なくとも1つの観測周期の間は保持しておき、観測周期より短い周期の時間間隔でそのときのリンク状態に応じた呼種別リンクコストのみをネットワークに広告する (S-3, S-4, S-5)。観測周期が経過したとき (S-5)、新たに各リンクにおける呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率を推定し、そのときのリンク状態に応じた呼種別リンクコストを計算する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なるノードペア間の優先呼用現用パスのための予備パスがリンクリソースを共用し、非優先呼用パスが優先呼用予備パスとリンクリソースを共用する回線交換型の通信ネットワークにおけるリンクコスト計算方法において、各リンクにおける優先呼用現用パス呼、優先呼用予備パス呼、非優先呼用パス呼を含む呼種別の同時接続数に基づいて各リンクに加わる呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率を推定し、該推定値と呼種別収益率とに基づいて各リンクの各状態における呼種別リンクコストを計算することを特徴とするリンクコスト計算方法。

【請求項 2】 前記呼種別の同時接続数を、各リンクのリンク状態を観測することにより得ることを特徴とする請求項 1 に記載のリンクコスト計算方法

【請求項 3】 前記呼種別の同時接続数を、1つの観測周期内の観測結果と複数の周期内の平均的な観測結果とに基づいて得ることを特徴とする請求項 2 に記載のリンクコスト計算方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、リンクコスト計算方法に関し、特に、異なるノードペア間の優先呼用現用パスのための予備パスがリンクリソースを共用し、非優先呼用パスが優先呼用予備パスとリンクリソースを共用する回線交換型通信ネットワークにおけるリンクコスト計算方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバなどのリンクと回線交換機能を果たす光クロス・コネクタ装置（以下、コネクタ装置と記す）などから構成され、管理装置の管理下でコネクタ装置を選択的にスイッチングすることにより通信パスを設定する回線交換型の通信ネットワークにおいて、コネクタ装置をスイッチングすることにより波長多重された光情報を通すリンクを選択してノードペア間の通信パスを設定する際に、最小コストのルートを探査し、そのルートに沿って通信パスを設定することが一般的に行われている。通信パスのコストはその通信パスを構成するいくつかのリンクのリンクコストの総和であり、したがって、最小コストのルートに沿う通信パスを設定するには何らかの方法でリンクコストを見積もることが必要である。

【0003】リンクコストを見積もる方法の 1 つに、通信パスの設定要求がきたときに、例えばリソースを全て使用できると仮定した場合にその通信パスの設定要求が拒否され、損失となることによって失われる収益率が最小となるようにリンクコストを見積もる方法があり、通信速度（要求帯域）および接続することによって得られる収益率が異なる呼が存在するような回線交換型の通信ネットワークを対象として、各リンクにお

る呼の同時接続数を通信速度別に求め、この同時接続数から各リンクに加わる通信速度別呼量を推定し、この推定値と通信速度別の呼に対する収益率を使って各リンクの各状態における通信速度別呼に対するリンクコストを見積もることが行われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】回線交換型の通信ネットワークにおいて、レステーションモードでリンクリソースを有効に利用するため、異なるノードペア間の優先呼用現用パスのための予備パスがリンクリソースを共用し、非優先呼用パスが優先呼用予備パスとリンクリソースを共用するようにすることが実際の運用として考えられるが、そのような回線交換型通信ネットワークでは以下の 3 種の通信パスが存在することになる。

(1) 優先呼用現用パス

(2) 優先呼用予備パス

(3) 非優先呼用パス

なお、ここでは、単一のリンク障害およびノード障害を想定しており、優先呼用現用パスと優先呼用予備パスは、互いに途中のノード（中継ノード）を共用しないルート上に設定されるものとする。

【0005】図 1 および図 2 は、レステーションモードを有する回線交換型通信ネットワークの状態例を示す構成図である。この回線交換型通信ネットワークは、光ファイバなどのリンク 1-1～1-8、回線交換機能を果たすコネクタ装置 A～E などを含み、管理装置 2 の管理下でコネクタ装置 A～E をスイッチングしてそれに入力される波長多重化された光情報を選択的にリンク 1-1～1-7 へと出力することによりユーザあるいはルータ（以下、ノードと記す）a～d のうちの選択されたノード間に通信パスが設定される。

【0006】図 1 において、実線、波線は、それぞれ優先呼用現用パス、優先呼用予備パスを示しており、この状態では、ノードペア a～c 間にコネクタ装置 A～リンク 1-1～コネクタ装置 D～リンク 1-2～コネクタ装置 C を通る優先呼用現用パスが設定されており、その予備パスがコネクタ装置 A～リンク 1-5～コネクタ装置 E～リンク 1-7～コネクタ装置 C に設定される。また、ノードペア b～c 間にコネクタ装置 B～リンク 1-3～コネクタ装置 C を通る優先呼用現用パスが設定されており、その予備パスがコネクタ装置 B～リンク 1-8～コネクタ装置 E～リンク 1-7～コネクタ装置 C に設定される。したがって、リンク 1-7 のリソースが、ノードペア a～c 間の優先呼用現用パスのための予備パスおよびノードペア b～c 間の優先呼用現用パスのための予備パスに共用されており、例えば、リンク 1-1 に障害が生じた場合、管理装置 2 によりコネクタ装置 A、E、C がスイッチングされてノードペア a～c 間の優先呼用現用パスは優先呼用予備パスに切り換えられる。

【0007】図 2 においては、実線、波線、一点鎖線

は、それぞれ優先呼用現用パス、優先呼用予備パス、非優先呼用パスを示しており、この状態では、ノード a ~ c 間にコネクタ装置 A ~ リンク 1-1 ~ コネクタ装置 D ~ リンク 1-2 ~ コネクタ装置 C を通る優先呼用現用パスが設定されており、その予備パスがコネクタ装置 A ~ リンク 1-5 ~ コネクタ装置 E ~ リンク 1-7 ~ コネクタ装置 C に設定される。また、ノード b ~ c 間にコネクタ装置 B ~ リンク 1-8 ~ コネクタ装置 ~ コネクタ装置 E ~ リンク 1-7 ~ コネクタ装置 C を通る非優先呼用パスが設定されている。したがって、リンク 1-7 のリソースが、ノードペア b ~ c 間の非優先呼用パスとノードペア a ~ c 間の優先呼用予備パスに共用されており、例えば、リンク 1-1 に障害が生じた場合、管理装置 2 によりコネクタ装置 A、E、C がスイッチングされてノードペア a ~ c 間の優先呼用現用パスは優先呼用予備パスに切り換えられ、非優先呼用パスのリソースへの割り込みが生じる。その結果、非優先呼用パスを介するサービスは停止される。

【0008】従来のリンクコストの計算は、通信速度（要求帯域）および呼の収益率が異なることについては考慮されているものの、上述のような、実際の運用として考えられる割り込みを伴う優先度の異なる呼については何ら考慮されていない。

【0009】本発明は、回線交換型通信ネットワークにおいて、異なるノードペア間の優先呼用現用パスのための予備パスがリンクリソースを共用し、非優先呼用パスが優先呼用予備パスとリンクリソースを共用するという実際の運用でのリンクコストを計算することができるリンクコスト計算方法を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は、各リンクにおける優先呼用現用パス呼、優先呼用予備パス呼、非優先呼用パス呼を含む呼種別の同時接続数に基づいて各リンクに加わる呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率を推定し、該推定値と呼種別収益率とに基づいて各リンクの各状態における呼種別リンクコストを計算する点に第 1 の特徴がある。また、本発明は、前記呼種別の同時接続数を、各リンクのリンク状態を観測することにより得る点に第 2 の特徴がある。さらに、本発明は、前記呼種別の同時接続数を、1 つの観測周期内の観測結果と複数の周期内の平均的な観測結果とに基づいて得る点に第 3 の特徴がある。

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & \lambda_{restp} (V(h+1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{rests} (V(h, i, j+1, k-1) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{npr} (V(h, i-1, j+1, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + h \mu_{restp} (V(h-1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + i \mu_{rests} (V(h, i-1, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{rests} (V(h, i, j-1, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{npr} (V(h, i+1, j-1, k) - V(h, i, j, k)) \end{aligned}$$

【0011】第 1 および第 2 の特徴によれば、異なるノードペア間の優先呼用現用パスのための予備パスがリンクリソースを共用し、非優先呼用パスが優先呼用予備パスとリンクリソースを共用するという実際の運用でのリンクコストを計算することができ、呼の損失に起因する収益率が最小となるように優先度が異なる呼の経路を選択することができる。また、第 3 の特徴によれば、ネットワークの制御が収束せず不安定になる恐れがなくなる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明は、各リンクにおける優先呼用現用パス呼、優先呼用予備パス呼、非優先呼用パス呼を含む呼種別の同時接続数から各リンクに加わる呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率を推定し、該推定値と呼種別収益率とに基づいて各リンクの各状態における呼種別リンクコストを計算するものであるが、まず、その原理について説明する。【本発明の原理】

【0013】今、通信パスの設定要求及び解放は、各リンクに対して独立に発生すると仮定し、各リンクのリンク状態として、優先呼用現用パスが使用しているリソース数を h 、優先呼用予備パスのみが使用しているリソース数を i 、優先呼用予備パスと非優先呼用パスが共用しているリソース数を j 、非優先呼用パスのみが使用しているリソース数を k とする。

【0014】通信パスの設定要求および解放がマルコフ過程に従うものと仮定すると、呼種別通信パス設定要求の到着率と解放率および各通信パスから得られる収益率とが与えられたとき、マルコフ決定理論より、各リンクにおいて下記の式 (1-1) ~ (1-8) が導かれる。

なお、各通信パスから得られる収益は、各通信パスを接続しないことにより収益損失となるものであるので、下記の式 (1-1) ~ (1-8) で用いている収益損失率は、収益率と同じものである。

【0015】各リンクのリンク状態 (h, i, j, k) は 8 つのケースに分類され、式 (1-1) ~ (1-8) はそれら各ケースに対応している。また、各式は、対象リンクにおける平均収益損失率 RewardLoss を表している。

【0016】ケース 1：全てのリソースが使用されておらず、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソースがあり、非優先呼用パスのみが使用しているリソースもあるリンク状態 ($h+i+j+k < N, i \neq 0, k \neq 0$) からの状態遷移を考慮して

$$+ k \mu_{npr} (V(h, i, j, k-1) - V(h, i, j, k)) \quad \dots (1-1)$$

【0017】 ケース2：全てのリソースが使用されてお *があるリンク状態 ($h+i+j+k < N, i=0, k \neq 0$) からの状態
らず、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソー 遷移を考慮して
スがなく、非優先呼用パスのみが使用しているリソース*

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & \lambda_{restp} (V(h+1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{rests} (V(h, i, j+1, k-1) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{npr} (V(h, i, j, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + h \mu_{restp} (V(h-1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{rests} (V(h, i, j-1, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{npr} (V(h, i+1, j-1, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + k \mu_{npr} (V(h, i, j, k-1) - V(h, i, j, k)) \quad \dots (1-2) \end{aligned}$$

【0018】 ケース3：全てのリソースが使用されてお ※がないリンク状態 ($h+i+j+k < N, i \neq 0, k=0$) からの状態
らず、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソー 遷移を考慮して
スがあり、非優先呼用パスのみが使用しているリソース※

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & \lambda_{restp} (V(h+1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{rests} (V(h, i+1, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{npr} (V(h, i-1, j+1, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + h \mu_{restp} (V(h-1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + i \mu_{rests} (V(h, i-1, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{rests} (V(h, i, j-1, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{npr} (V(h, i+1, j-1, k) - V(h, i, j, k)) \quad \dots (1-3) \end{aligned}$$

【0019】 ケース4：全てのリソースが使用されてお ★もないリンク状態 ($h+i+j+k < N, i=0, k=0$) からの状態
らず、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソー 遷移を考慮して
スがなく、非優先呼用パスのみが使用しているリソース★

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & \lambda_{restp} (V(h+1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{rests} (V(h, i+1, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{npr} (V(h, i, j, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + h \mu_{restp} (V(h-1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{rests} (V(h, i, j-1, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{npr} (V(h, i+1, j-1, k) - V(h, i, j, k)) \quad \dots (1-4) \end{aligned}$$

【0020】 ケース5：全てのリソースが使用されてお ☆あるリンク状態 ($h+i+j+k=N, i \neq 0, k \neq 0$) からの状態遷
り、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソース 移を考慮して
があり、非優先呼用パスのみが使用しているリソースも☆

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & q_{restp} \\ & + \lambda_{rests} (V(h, i, j+1, k-1) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{npr} (V(h, i-1, j+1, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + h \mu_{restp} (V(h-1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + i \mu_{rests} (V(h, i-1, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{rests} (V(h, i, j-1, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{npr} (V(h, i+1, j-1, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + k \mu_{npr} (V(h, i, j, k-1) - V(h, i, j, k)) \quad \dots (1-5) \end{aligned}$$

【0021】 ケース6：全てのリソースが使用されてお あるリンク状態 ($h+i+j+k=N, i=0, k \neq 0$) からの状態遷
り、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソース 移を考慮して
がなく、非優先呼用パスのみが使用しているリソースが

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & q_{restp} \\ & + \lambda_{rests} (V(h, i, j+1, k-1) - V(h, i, j, k)) \\ & + q_{npr} \\ & + h \mu_{restp} (V(h-1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{rests} (V(h, i, j-1, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{npr} (V(h, i+1, j-1, k) - V(h, i, j, k)) \end{aligned}$$

7

8

$$+ k \mu_{npr} (V(h, i, j, k-1) - V(h, i, j, k)) \cdots (1-6)$$

【0022】ケース7：全てのリソースが使用されており、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソースがあり、非優先呼用パスのみが使用しているリソースが*

*ないリンク状態 ($h+i+j+k=N, i \neq 0, k=0$) からの状態遷移を考慮して

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & q_{restp} \\ & + q_{rests} \\ & + \lambda_{npr} (V(h, i-1, j+1, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + h \mu_{restp} (V(h-1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + i \mu_{rests} (V(h, i-1, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{rests} (V(h, i, j-1, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{npr} (V(h, i+1, j-1, k) - V(h, i, j, k)) \cdots (1-7) \end{aligned}$$

【0023】ケース8：全てのリソースが使用されており、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソースがなく、非優先呼用パスのみが使用しているリソースも※

※ないリンク状態 ($h+i+j+k=N, i=0, k=0$) からの状態遷移を考慮して

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & q_{restp} \\ & + q_{rests} \\ & + q_{npr} \\ & + h \mu_{restp} (V(h-1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{rests} (V(h, i, j-1, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + j \mu_{npr} (V(h, i+1, j-1, k) - V(h, i, j, k)) \cdots (1-8) \end{aligned}$$

【0024】ここで、各シンボルの意味は次の通りである。

RewardLoss：平均収益損失率、 N：リンク内の全リソース数

$V(h, j, k)$ ：リンク状態 (h, i, j, k) から出発して無限時間経過したときの全収益損失（リンク状態 (h, i, j, k) におけるValue）

λ_{restp} ：優先呼用現用パス設定要求の到着率

λ_{rests} ：優先呼用予備パス設定要求の到着率

λ_{npr} ：非優先呼用パス設定要求の到着率

μ_{restp} ：優先呼用現用パスの解放率

μ_{rests} ：優先呼用予備パスの解放率

μ_{npr} ：非優先呼用パスの解放率

q_{restp} ：優先呼用現用パスを接続しないことによる収益損失率

q_{rests} ：優先呼用予備パスを接続しないことによる収益損失率

q_{npr} ：非優先呼用パスを接続しないことによる収益損失率

【0025】上記の式（1-1）～（1-8）の意味を、例えば、式（1-6）のケース6（全てのリソースが使用されており、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソースがなく、非優先呼用パスのみが使用しているリソースがあるリンク状態からの状態遷移）について説明すると、式（1-6）の右辺第1項は、優先呼用現用パス呼が加わる場合の収益損失率を表し、本リンク状態では全てのリソースが使用されているので優先呼用現用パス呼は損失となり、優先呼用現用パスを接続しないことによる収益損失率が発生する。右辺第2項は、優先呼用予備パス呼が加わる場合の収益損失率を表す。こ

の場合には非優先呼用パスが使用しているリソースが優先呼用予備パス呼のためのリソースとしても使用されてリンク状態 ($h, i, j+1, k-1$) になり、この状態遷移による収益損失率が発生する。右辺第3項は、非優先呼が加わる場合の収益損失率を表し、本リンク状態では全てのリソースが使用されており、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソースもないので非優先呼は損失となり、非優先呼用パスを接続しないことによる収益損失率が発生する。右辺第4項は、優先呼用現用パス呼が解放される場合に対応し、右辺第5項は、優先呼用予備パス呼が解放される場合に対応し、右辺第6項は、優先呼用予備パス呼とリソースを共用している非優先呼が解放される場合に対応し、右辺第7項は、優先呼用予備パス呼とリソースを共用していない非優先呼が解放される場合に対応している。以上がケース6における全ての状態遷移を考えた場合に発生する収益損失率である。

【0026】リンク状態 (h, i, j, k) における $V(h, i, j, k)$ の値は、意味の上からは無限大になるが、リンクコストを計算する上では2つのリンク状態での値の差のみが問題となる。したがって、例えば、 $V(0, 0, 0, 0) = 0$ と置き、各リンク状態における上記式の任意の2つの右辺を選んで等号で結んだ方程式を解くことにより各リンク状態における V の値を求めることができる。

【0027】例えば、リンク状態 (h, i, j, k) = (0, 0, 0, 0) のときは、ケース4に相当し、

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & \lambda_{restp} (V(1, 0, 0, 0) - V(0, 0, 0, 0)) \\ & + \lambda_{rests} (V(0, 1, 0, 0) - V(0, 0, 0, 0)) \\ & + \lambda_{npr} (V(0, 0, 0, 1) - V(0, 0, 0, 0)) \end{aligned}$$

が与えられ、リンク状態 (h, i, j, k) = (0, 0, 0, 1) のときは、ケース2に相当し、

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & \lambda_{restp} (V(1, 0, 0, 1) - V(0, 0, 0, 1)) \\ & + \lambda_{rests} (V(0, 0, 1, 0) - V(0, 0, 0, 1)) \\ & + \lambda_{npr} (V(0, 0, 0, 2) - V(0, 0, 0, 1)) \\ & + \mu_{npr} (V(0, 0, 0, 0) - V(0, 0, 0, 1)) \end{aligned}$$

が与えられる。

*ことにより、

【0028】これら両方程式の右辺同士を組み合わせる*

$$\begin{aligned} & (\lambda_{restp} + \lambda_{rests} + \lambda_{npr} + \mu_{npr}) V(0, 0, 0, 0) \\ & - (\lambda_{restp} + \lambda_{rests} + 2\lambda_{npr} + \mu_{npr}) V(0, 0, 0, 1) \\ & + \lambda_{npr} V(0, 0, 0, 2) - \lambda_{restp} V(1, 0, 0, 0) - \lambda_{rests} V(0, 1, 0, 0) \\ & + \lambda_{restp} V(1, 0, 0, 1) + \lambda_{rests} V(0, 0, 1, 0) = 0 \end{aligned}$$

が得られる。

【0029】ここで、 $V(0, 0, 0, 0) = 0$ と置けば、

$$\begin{aligned} & (\lambda_{restp} + \lambda_{rests} + 2\lambda_{npr} + \mu_{npr}) V(0, 0, 0, 1) \\ & - \lambda_{npr} V(0, 0, 0, 2) + \lambda_{restp} V(1, 0, 0, 0) + \lambda_{rests} V(0, 1, 0, 0) \\ & - \lambda_{restp} V(1, 0, 0, 1) - \lambda_{rests} V(0, 0, 1, 0) = 0 \end{aligned}$$

なる6個の未知数を含む一次方程式が得られる。

※ $i+j+k < N, i > 1, k \neq 0$ のときは、ケース1に相当し、

【0030】また、例えば、リンク状態 (h, i, j, k) ($h \neq$

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & \lambda_{restp} (V(h+1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{rests} (V(h, i, j+1, k-1) - V(h, i, j, k)) \\ & + \lambda_{npr} (V(h, i-1, j+1, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + h\mu_{restp} (V(h-1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + i\mu_{rests} (V(h, i-1, j, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + j\mu_{rests} (V(h, i, j-1, k+1) - V(h, i, j, k)) \\ & + j\mu_{npr} (V(h, i+1, j-1, k) - V(h, i, j, k)) \\ & + k\mu_{npr} (V(h, i, j, k-1) - V(h, i, j, k)) \end{aligned}$$

が与えられ、リンク状態 $(h, i-1, j+1, k)$ ($h+i+j+k < N, i > 1, k \neq 0$) のときは、やはりケース1に相当し、

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & \lambda_{restp} (V(h+1, i-1, j+1, k) - V(h, i-1, j+1, k)) \\ & + \lambda_{rests} (V(h, i-1, j+2, k-1) - V(h, i-1, j+1, k)) \\ & + \lambda_{npr} (V(h, i-2, j+2, k) - V(h, i-1, j+1, k)) \\ & + h\mu_{restp} (V(h-1, i-1, j+1, k) - V(h, i-1, j+1, k)) \\ & + (i-1)\mu_{rests} (V(h, i-2, j+1, k) - V(h, i-1, j+1, k)) \\ & + (j+1)\mu_{rests} (V(h, i-1, j, k+1) - V(h, i-1, j+1, k)) \\ & + (j+1)\mu_{npr} (V(h, i, j, k) - V(h, i-1, j+1, k)) \\ & + k\mu_{npr} (V(h, i-1, j+1, k-1) - V(h, i-1, j+1, k)) \end{aligned}$$

が与えられる。

★ことにより、以下の16個の未知数を含む一次方程式が

【0031】これら両方程式の右辺同士を組み合わせる★ 得られる。

$$\begin{aligned} & \lambda_{restp} V(h+1, i, j, k) - \lambda_{restp} V(h+1, i-1, j+1, k) \\ & + \lambda_{rests} V(h, i, j+1, k-1) - \lambda_{rests} V(h, i-1, j+2, k-1) \\ & - \lambda_{npr} V(h, i-2, j+2, k) + h\mu_{restp} V(h-1, i, j, k) \\ & - h\mu_{restp} V(h-1, i-1, j+1, k) + i\mu_{rests} V(h, i-1, j, k) \\ & - (i-1)\mu_{rests} V(h, i-2, j+1, k) + j\mu_{rests} V(h, i, j-1, k+1) \\ & - (j+1)\mu_{rests} V(h, i-1, j, k+1) + j\mu_{npr} V(h, i+1, j-1, k) \\ & + k\mu_{npr} V(h, i, j, k-1) - k\mu_{npr} V(h, i-1, j+1, k-1) \\ & - (\lambda_{restp} + \lambda_{rests} + \lambda_{npr} + h\mu_{restp} + i\mu_{rests} + j\mu_{rests} \\ & \quad + (2j+1)\mu_{npr} + k\mu_{npr}) V(h, i, j, k) \\ & + (\lambda_{restp} + \lambda_{rests} + 2\lambda_{npr} + h\mu_{restp} + (i-1)\mu_{rests} + \\ & \quad (j+1)(\mu_{rests} + \mu_{npr}) + k\mu_{npr}) V(h, i-1, j+1, k) = 0 \end{aligned}$$

【0032】また、例えば、リンク状態 (h, i, j, k) ($h+i+j+k=N, i=0, k=0$) のときは、ケース8に相当し、

$$\begin{aligned} \text{RewardLoss} = & q_{restp} \\ & + q_{rests} \\ & + q_{npr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ h \mu_{restp} (V(h-1, 0, j, 0) - V(h, 0, j, 0)) \\
 &+ j \mu_{rests} (V(h, 0, j-1, 1) - V(h, 0, j, 0)) \\
 &+ j \mu_{npr} (V(h, 1, j-1, 0) - V(h, 0, j, 0))
 \end{aligned}$$

が与えられ、リンク状態 $(h, i, j-1, k+1)$ ($h+i+j+k=N$, $i=0, k=0$) のときは、ケース6に相当し、

$$\begin{aligned}
 \text{RewardLoss} &= q_{restp} \\
 &+ \lambda_{rests} (V(h, 0, j, 0) - V(h, 0, j-1, 1)) \\
 &+ q_{npr} \\
 &+ h \mu_{restp} (V(h-1, 0, j-1, 1) - V(h, 0, j-1, 1)) \\
 &+ (j-1) \mu_{rests} (V(h, 0, j-2, 2) - V(h, 0, j-1, 1)) \\
 &+ (j-1) \mu_{npr} (V(h, 1, j-2, 1) - V(h, 0, j-1, 1)) \\
 &+ \mu_{npr} (V(h, 0, j-1, 0) - V(h, 0, j-1, 1))
 \end{aligned}$$

が与えられる。

*ことにより、以下の8個の未知数を含む一次方程式が

【0033】これら両方程式の右辺同士を組み合わせる* 得られる。

$$\begin{aligned}
 &(\lambda_{rests} + h \mu_{restp} + j \mu_{rests} + j \mu_{npr}) V(h, 0, j, 0) \\
 &- (\lambda_{rests} + h \mu_{restp} + (2j-1) \mu_{rests} + j \mu_{npr}) V(h, 0, j-1, 1) \\
 &+ h \mu_{restp} V(h-1, 0, j-1, 1) - h \mu_{restp} (V(h-1, 0, j, 0) \\
 &+ (j-1) \mu_{rests} V(h, 0, j-2, 2) + (j-1) \mu_{npr} (V(h, 1, j-2, 1) \\
 &+ j \mu_{npr} V(h, 1, j-1, 0) + \mu_{npr} V(h, 0, j-1, 0) = q_{rests}
 \end{aligned}$$

【0034】このように、与えられた状態の数だけの方 20 ※のVの値を求めることができる。

程式から任意の2つを選んで右辺同士を組み合わせることにより、状態の数より1つ少ない数の一次方程式が導出でき、この一次方程式を解くことにより各リンク状態※

【0035】なお、各通信パスを接続しないことによる収益損失率は、各通信パス設定要求の推定到着率を用いて下記の式(2-1)～(2-3)で表される。

$$\begin{aligned}
 q_{restp} &= \lambda_{restp} \times r_{restp} \quad \dots (2-1) \\
 q_{rests} &= \lambda_{rests} \times r_{rests} \quad \dots (2-2) \\
 q_{npr} &= \lambda_{npr} \times r_{npr} \quad \dots (2-3)
 \end{aligned}$$

【0036】ここで、各シンボルの意味は次の通りである。

r_{restp} : 優先呼用現用パスから得られる収益率
 r_{rests} : 優先呼用予備パスから得られる収益率
 r_{npr} : 非優先呼用パスから得られる収益率

★おける、各通信パスから得られる収益率は、次の2つのいずれかの方法により設定することができる。[方法1] 現用パスと予備パスに対して均等に得られる収益を分配する。すなわち、下記の式(3-1)～(3-3)により設定する方法。

【0037】また、上記の式(2-1)～(2-3)に★

$$\begin{aligned}
 r_{restp} &= m \times p_{rest} / [(m+1) \times \mu_{restp}] \quad \dots (3-1) \\
 r_{rests} &= m \times p_{rest} / [(m+1) \times \mu_{rests}] \quad \dots (3-2) \\
 r_{npr} &= p_{npr} / \mu_{npr} \quad \dots (3-3)
 \end{aligned}$$

[方法2]その通信パスが接続できないときに失う収益を割り当てる。すなわち、下記の式(4-1)～(4- ☆

☆3)により設定する方法。

$$\begin{aligned}
 r_{restp} &= p_{rest} / \mu_{restp} \quad \dots (4-1) \\
 r_{rests} &= m \times p_{rest} / \mu_{rests} \quad \dots (4-2) \\
 r_{npr} &= p_{npr} / \mu_{npr} \quad \dots (4-3)
 \end{aligned}$$

ここで、各シンボルの意味は次の通りである。

m : 1つのノードペア間に設定される優先呼用現用パス数
 p_{rest} : 優先呼価格
 p_{npr} : 非優先呼価格

【0038】以上の方法により各リンク状態におけるVの値を求める。一般的に、リンク状態 (h, i, j, k) における呼種別リンクコストは、呼接続要求による状態遷移が

あった後のリンク状態におけるV値から状態遷移前のリンク状態におけるV値を差し引くことにより得られる値を、その呼の解放率で除した値になる。したがって、リンク状態 (h, j, j, k) における呼種別リンクコストは、上記で求められたVの値を使って下記の式(5-1-1)～(5-8-3)で求めることができる。なお、式(7-1)～(7-8)は、上記ケース1～ケース8に対応している。

【0039】

$$\begin{aligned}
 &\text{ケース1: } (h+i+j+k \leq N, i \neq 0, k \neq 0) \\
 &\quad C_{restp} = (V(h+1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{restp} \quad \dots (5-1-1) \\
 &\quad C_{rests} = (V(h, i, j+1, k-1) - V(h, i, j, k)) / \mu_{rests} \quad \dots (5-1-2) \\
 &\quad C_{npr} = (V(h, i-1, j+1, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{npr} \quad \dots (5-1-3)
 \end{aligned}$$

【0040】

$$\begin{aligned}
 &\text{ケース2: } (h+i+j+k \leq N, i = 0, k \neq 0) \\
 &\quad C_{restp} = (V(h+1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{restp} \quad \dots (5-2-1) \\
 &\quad C_{rests} = (V(h, i, j+1, k-1) - V(h, i, j, k)) / \mu_{rests} \quad \dots (5-2-2) \\
 &\quad C_{npr} = (V(h, i, j, k+1) - V(h, i, j, k)) / \mu_{npr} \quad \dots (5-2-3)
 \end{aligned}$$

【0041】

$$\begin{aligned}
 &\text{ケース3: } (h+i+j+k \leq N, i \neq 0, k = 0) \\
 &\quad C_{restp} = (V(h+1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{restp} \quad \dots (5-3-1) \\
 &\quad C_{rests} = (V(h, i+1, j, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{rests} \quad \dots (5-3-2) \\
 &\quad C_{npr} = (V(h, i-1, j+1, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{npr} \quad \dots (5-3-3)
 \end{aligned}$$

【0042】

$$\begin{aligned}
 &\text{ケース4: } (h+i+j+k \leq N, i = 0, k = 0) \\
 &\quad C_{restp} = (V(h+1, i, j, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{restp} \quad \dots (5-4-1) \\
 &\quad C_{rests} = (V(h, i+1, j, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{rests} \quad \dots (5-4-2) \\
 &\quad C_{npr} = (V(h, i, j, k+1) - V(h, i, j, k)) / \mu_{npr} \quad \dots (5-4-3)
 \end{aligned}$$

【0043】

$$\begin{aligned}
 &\text{ケース5: } (h+i+j+k = N, i \neq 0, k \neq 0) \\
 &\quad C_{restp} = \infty \quad \dots (5-5-1) \\
 &\quad C_{rests} = (V(h, i, j+1, k-1) - V(h, i, j, k)) / \mu_{rests} \quad \dots (5-5-2) \\
 &\quad C_{npr} = (V(h, i-1, j+1, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{npr} \quad \dots (5-5-3)
 \end{aligned}$$

【0044】

40

$$\begin{aligned}
 &\text{ケース6: } (h+i+j+k = N, i = 0, k \neq 0) \\
 &\quad C_{restp} = \infty \quad \dots (5-6-1) \\
 &\quad C_{rests} = (V(h, i, j+1, k-1) - V(h, i, j, k)) / \mu_{rests} \quad \dots (5-6-2) \\
 &\quad C_{npr} = \infty \quad \dots (5-6-3)
 \end{aligned}$$

【0045】

$$\begin{aligned}
 &\text{ケース7: } (h+i+j+k = N, i \neq 0, k = 0) \\
 &\quad C_{restp} = \infty \quad \dots (5-7-1) \\
 &\quad C_{rests} = \infty \quad \dots (5-7-2) \\
 &\quad C_{npr} = (V(h, i-1, j+1, k) - V(h, i, j, k)) / \mu_{npr} \quad \dots (5-7-3)
 \end{aligned}$$

7-3)

【0046】

ケース8: ($h+i+j+k=N, i=0, k=0$)

$$C_{restp} = \infty$$

$$C_{rests} = \infty$$

$$C_{npr} = \infty$$

【0047】ここで、各シンボルの意味は次の通りである。

C_{restp} : 優先呼用現用パスに対するリンクコスト

C_{rests} : 優先呼用予備パスに対するリンクコスト

C_{npr} : 非優先呼用パスに対するリンクコスト

【0048】上記の式(5-1-1)～(5-8-3)の意味を、例えば、式(5-6-1)～(5-6-3)のケース6について説明すると、本ケースは、全てのリソースが使用されており、かつ優先呼用予備パスのみが使用しているリソースがなく、非優先呼用パスのみが使用しているリソースがあるリンク状態からの状態遷移時であり、このようなリンク状態では優先呼用現用パスおよび非優先呼はこれ以上接続することはできないため、式(5-6-1)および(5-6-3)に示されるように、優先呼用現用パスおよび非優先呼用パスに対するリンクコストは無限大になる。一方、優先呼用予備パス呼は接続することができるので、優先呼用予備パスに対するリンクコストは、上述したように一般的な形で表される。

【0049】本発明は、上記原理に基づき呼種別リンクコストを計算するものであり、以下、図3のフローチャートを参照して本発明の一実施形態について説明する。
[呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率の推

$$\dots (5-8-1)$$

$$\dots (5-8-2)$$

$$\dots (5-8-3)$$

定]

【0050】上記本発明の原理から明らかなように、呼種別リンクコストを計算するためには、まず、呼種別通信パス設定要求の到着率と解放率が与えられなければならない。本実施形態では、まず、各リンクにおけるリソースの使用状態を観測して得られる観測結果に基づいて各リンクにおける呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率を推定する(S-1)。

【0051】各リンクにおけるリソースの使用状態を観測し、観測期間において優先呼用現用パスが使用していた平均リソース数 \bar{h} 、優先呼用予備パスのみが使用していた平均リソース数 \bar{i} 、優先呼用予備パスと非優先呼用パスが共用していたリソース数 \bar{j} 、非優先呼用パスのみが使用していたリソース数 \bar{k} が得られたとすると、各リンクにおける呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率は、次のように推定される。

【0052】まず、アランB式を利用して式(6-1)および(6-2)により全通信パス呼の推定加わる呼量を求めることができ、次に、求められた呼量および呼種別通信パスの解放率を使って式(7-1)～(7-3)により各リンクにおける呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率を推定することができる。なお、呼種別通信パスの解放率は、通信時間の逆数に相当するものであり、リンクにおけるリソースの使用状態を長期間観測することにより求めることができる。

$$\hat{a}^{17} [1 - E(\hat{a}, N)] = \underline{h} + \underline{i} + \underline{j} + \underline{k} ; \quad \dots (6-1)$$

$$E(\hat{a}, N) = \frac{\hat{a}^N}{N!} \bigg/ \left(\sum_{n=0}^N \frac{\hat{a}^n}{n!} \right) ; \quad \dots (6-2)$$

$$\hat{a}_{restp} = \frac{\hat{\lambda}_{restp}}{\mu_{restp}} = \hat{a} \times \frac{\underline{h}}{\underline{h} + \underline{i} + \underline{j} + \underline{k}} ; \quad \dots (7-1)$$

$$\hat{a}_{rests} = \frac{\hat{\lambda}_{rests}}{\mu_{rests}} = \hat{a} \times \frac{\underline{i} + \underline{j}}{\underline{h} + \underline{i} + \underline{j} + \underline{k}} ; \quad \dots (7-2)$$

$$\hat{a}_{npr} = \frac{\hat{\lambda}_{npr}}{\mu_{npr}} = \hat{a} \times \frac{\underline{i} + \underline{k}}{\underline{h} + \underline{i} + \underline{j} + \underline{k}} ; \quad \dots (7-3)$$

ここで、各シンボルの意味は次の通りである。

N : リンク内の全リソース数

\hat{a} : 全通信パス呼の推定加わる呼量

\hat{a}_{restp} : 優先呼用現用パス呼の推定加わる呼量

\hat{a}_{rests} : 優先呼用予備パス呼の推定加わる呼量

\hat{a}_{npr} : 非優先呼用パス呼の推定加わる呼量

$\hat{\lambda}_{restp}$: 優先呼用現用パス設定要求の推定到着率

$\hat{\lambda}_{rests}$: 優先呼用予備パス設定要求の推定到着率

$\hat{\lambda}_{npr}$: 非優先呼用パス設定要求の推定到着率

μ_{restp} : 優先呼用現用パスの解放率

μ_{rests} : 優先呼用予備パスの解放率

μ_{npr} : 非優先呼用パスの解放率

【0053】〔呼種別リンクコストの計算〕以上のようにして推定された呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率と解放率、各通信パスから得られる収益損失率を用いて、上記本発明の原理にしたがって、式(1-1)～(5-8-3)により呼種別リンクコストを計算する(5-2)。なお、上記本発明の原理では各通信パス設定要求の到着率を用いたが、各リンクにおける呼種別呼量と各通信パス設定要求の到着率とは、式(7-1)～(7-3)に示されるように、その一方が分かれば他方も分かる関係にあるので、推定された各通信パス設定要求の到着率に代えて各リンクにおける推定された呼種別呼量を使って呼種別リンクコストを計算することもできる。

【0054】また、呼種別リンクコストの計算は、各リンクにおけるリソースの使用状態の観測結果に基づいて周期的に、例えば、平均通信パス保留時間の10倍程度の時間間隔で行うことが好ましい。この時、1つの観測周期内の観測結果のみを利用して計算した場合にはネットワークの制御が収束しない恐れがある、すなわち、計算結果によりネットワークを制御するフィードバック制御が収束せず、発散する恐れがあるが、1つの観測周期内の観測結果と複数の周期内の平均的な観測結果とを利

用して、例えば、下記の式(8-1)～(8-3)で推定される呼種別呼量を用いて呼種別リンクコストを計算すればその恐れはなくなる。なお、下記の式は呼種別呼量を求めるものであるが、各通信パス設定要求の到着率はさらに各通信パスの解放率を使って求めることができる。

$$\underline{a}_{restp} = (1 - \alpha) \times \hat{a}_{restp} + \alpha \times \overline{a}_{restp} \quad \dots (8-1)$$

$$\underline{a}_{rests} = (1 - \alpha) \times \hat{a}_{rests} + \alpha \times \overline{a}_{rests} \quad \dots (8-2)$$

$$\underline{a}_{npr} = (1 - \alpha) \times \hat{a}_{npr} + \alpha \times \overline{a}_{npr} \quad \dots (8-3)$$

【0055】ここで、各シンボルの意味は次の通りであり、また、 $0 \leq \alpha \leq 1$ である。

\underline{a}_{restp} : 複数観測周期における平均的なリンク状態から推定した優先呼用現用パス呼の加わる呼量

\underline{a}_{rests} : 複数観測周期における平均的なリンク状態から推定した優先呼用予備パス呼の加わる呼量

\underline{a}_{npr} : 複数観測周期における平均的なリンク状態から推定した非優先呼用パス呼の加わる呼量

【0056】また、優先呼用予備パスを設定しようとする場合、既に存在する優先呼用予備パスとリソースを共用することができるときには、そのリンクコストはゼロ

と見なす。このためには各障害状態とそれに対するレストレーション用リソース数の関係を示すテーブルを各リンクにおいて保持しておけばよい。このテーブルを用いるレストレーションの技術は「B. T. Doshi, S. Dravida, P. Harshavardhana, O. Hauser, and Y. Wang, "Optical Network design and restoration", Bell Labs. Tech. J., pp. 58-84, January March, 1999」に記載されているので詳細な説明は省略するが、例えば、図4に示すように優先呼用現用パスと優先呼用予備パスとが設定されたネットワークの場合、リンクB-Cが保持するテーブルは、図5に示すように、2本の優先呼用現用パスが通っているリンクB-Cでの障害状態に対してのレストレーション用リソース数は2であり、その他の障害状態に対してのレストレーション用リソース数は1である。このようなテーブルを保持しておくことにより、優先呼用予備パスを設定する場合、対応する現用パスが使用するリンクおよびノード情報から、現用パスが障害になったときにそのリンクを使ってレストレーションを行ってもそのリンクにおける予備パス用リソースを増やさずに済むか否かを知ることができ、増やさずに済む場合はリンクコストをゼロと見なすことができる。なお、各障害状態とそのときにレストレーション用として使用されるリソース数との関係を示すテーブルは、優先呼用現用パスの設定時と解放時に更新される。

【0057】また、計算された呼種別リンクコスト C_{restp} 、 C_{rests} 、 C_{npr} が、【方法1】または【方法2】によって得られた各呼種の通信パスから得られる収益 r_{restp} 、 r_{rests} 、 r_{npr} よりも大きい時は、リンクコストを無限大とみなし、その呼種の通信パスがそのリンクを選択できないようにすることもできる。このように、呼種毎に使用されないリソースを留保しておくことによって、長い時間間隔における収益損失を低減させることができる。

【0058】各リンク状態における呼種別リンクコストは、少なくとも1つの観測周期の間は保持しておき、観測周期より短い周期、例えば平均通信パス保留時間程度の時間間隔でそのときのリンク状態に応じた呼種別リンクコストのみをネットワークに広告する (S-3, S-4, S-5)。観測周期が経過したとき (S-5)、新

たに各リンクにおける呼種別呼量あるいは各通信パス設定要求の到着率を推定し、そのときのリンク状態に応じた呼種別リンクコストを計算する。

【0059】経路選択は、計算した各リンク状態における呼種別リンクコストに基づいて周知のアルゴリズムにより行うことができるが、基本的には最小コストの経路を選択することによって行い、優先呼においてm本の現用パスの設定要求があった場合には、まずそのm本の経路選択を行ってから予備パスの経路選択を行う。また、経路選択に際しては、予め互いにノードを共有しない複数経路候補の中からコストに基づいて経路を選択するようにすることができ、全く自由にコストに基づいて経路を選択するようにすることもできる。

【0060】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、請求項1および2の発明によれば、異なるノードペア間の優先呼用現用パスのための予備パスがリンクリソースを共用し、非優先呼用パスが優先呼用予備パスとリンクリソースを共用するという実的な運用でのリンクコストを計算することができ、呼の損失に起因する収益率が最小となるように優先度が異なる呼の経路を選択することができる。また、請求項3の発明によれば、ネットワークの制御が収束せず不安定になる恐れをなくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 レストレーションモードでの回線交換型通信ネットワークの一状態例を示す構成図である。

【図2】 レストレーションモードでの回線交換型通信ネットワークの他の状態例を示す構成図である。

【図3】 本発明の一実施形態を示すフローチャートである。

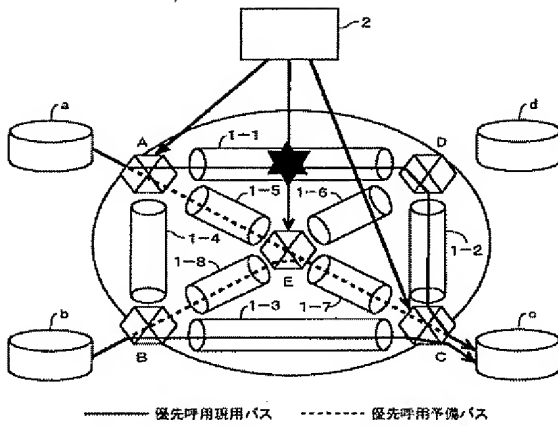
【図4】 レストレーションモードでの回線交換型通信ネットワークをさらに他の状態例を示す構成図である。

【図5】 図4での各障害状態とそれに対するレストレーション用リソース数の関係を示すテーブルの説明図である。

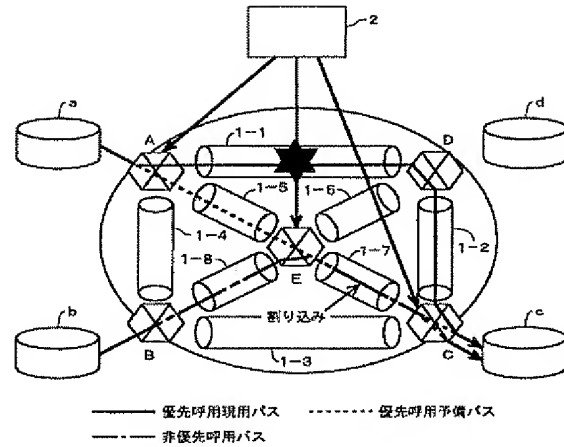
【符号の説明】

1-1~1-8...リンク、2...管理装置、A~E...光クロス・コネクタ装置、a~d...ノード

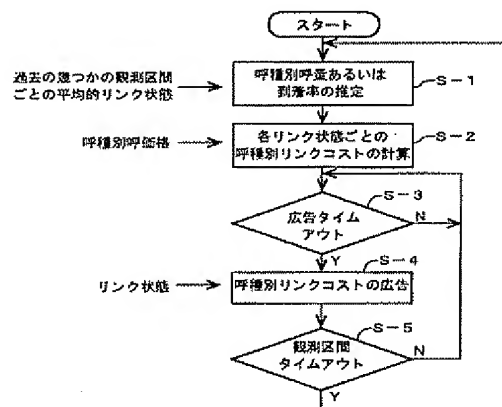
【図1】



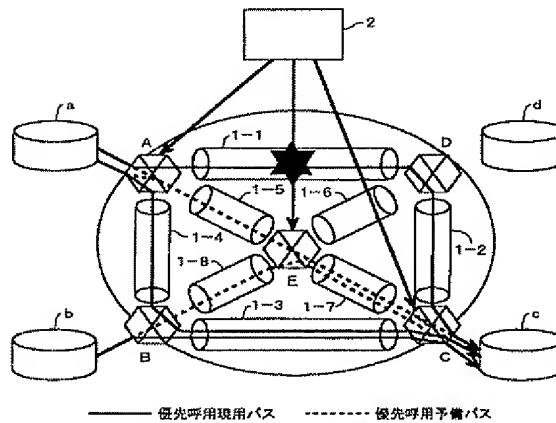
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

障害状態	リソース数
B	1
D	1
A-B	1
B-C	2
A-D	1
D-C	1

フロントページの続き

Fターム(参考) 5K030 GA11 HA01 LA17 LB01 LC09
5K051 AA05 BB01 BB02 CC00 DD09
DD11 FF11 FF16 GG01 GG06